

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Diseño de una planta de compost con el método Takakura para aprovechar los residuos orgánicos del distrito de Bagua Grande**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**Erika Marisol Huaman Cubas**

**ASESOR**

**Danny Adolfo Bustamante Sigueñas**

<https://orcid.org/0000-0001-9166-8169>

**Chiclayo, 2024**

**Diseño de una planta de compost con el método Takakura para  
aprovechar los residuos orgánicos del distrito de Bagua Grande**

PRESENTADA POR

**Erika Marisol Huaman Cubas**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

PRESIDENTE

María Luisa Espinoza García Urrutia

SECRETARIO

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios por la salud durante toda mi vida universitaria.  
A mis padres, Amalia y José por el apoyo constante y estar en los buenos y malos momentos durante los X ciclos.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi asesor y docente del curso por responder mis dudas, por indicarme mejoras en mi proyecto.

## ARTICULO HUAMAN CUBAS ERIKA MARISOL 2024.pdf

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**23%**

INDICE DE SIMILITUD

**23%**

FUENTES DE INTERNET

**7%**

PUBLICACIONES

**7%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>7%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>3</b>	<b>dspace.esPOCH.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>revistas.tec.ac.cr</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.ecci.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>issuu.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>www.mef.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## Índice

Resumen .....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
Revisión de literatura .....	9
Materiales y métodos .....	12
Resultados y discusión .....	13
Conclusiones .....	31
Recomendaciones.....	31
Referencias .....	32
Anexos.....	36

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo proponer el diseño de una planta productora de compost con el método Takakura en el distrito de Bagua Grande. En el 2020 dicha ciudad generó 33 885,11 kg/día de residuos orgánicos y para el 2026 se espera un crecimiento de 43 606,47, donde solo 22 414 kg/día de residuos terminan en el botadero municipal y lo demás en las calles, afectando al componente aire, suelo, agua y social. Por esta razón, se diseñó una planta de compostaje, el proceso inicia con la etapa de recepción, segregación, triturado, compostaje, tamizado y envasado. Para emplear el método Takakura se requiere de 2 soluciones, una dulce y otra salada, las cuales actúan en un lecho de fermentación; además, para un saco de 50 kg de compost se necesita de 193 kg de residuos orgánicos y 51 kg de sustrato fermentativo. Con las proyecciones realizadas del compost se logra cubrir el 0,007% de la demanda nacional y el estudio técnico e ingenieril indica que el tamaño de la planta es de 1 050 m<sup>2</sup>, mientras tanto el análisis económico arroja un costo beneficio de S/ 1,53. Durante el desarrollo de los objetivos se revisó artículos, libros, tesis y páginas como SIGERSOL, Trade Map, SENASA.

**Palabras clave:** Método Takakura, residuos orgánicos, compostaje, valorización

## Abstract

The present research work aims to propose the design of a compost production plant with the Takakura method in the Bagua Grande district. In 2020 this city generated 33 885,11 kg of organic waste and for 2026 a growth of 43 606,47 kg/day is expected, where only 22 414 of waste ends up in the municipal dump and the rest in the streets, affecting the air, soil, water and social components. For this reason, a composting plant was designed, the process begins with the reception, segregation, shredding, composting, sieving and packaging stage. To use the Takakura method, 2 solutions are required, one sweet and the other salty, which act in a fermentation bed; Furthermore, for a 50 kg bag of compost, 193 kg of organic waste and 51 kg of fermentation substrate are needed. With the compost projections, it is possible to cover 0,007% of the national demand and the technical and engineering study indicates that the size of the plant is 1,050 m<sup>2</sup>, meanwhile the economic analysis shows a cost benefit of S/ 1,53. During the development of the objectives, articles, books, theses and pages such as SIGERSOL, Trade Map, SENASA were reviewed.

**Keywords:** Takakura method, organic waste, composting, recovery

## Introducción

Actualmente la producción global de residuos es de 2 100 millones de toneladas y se prevé un crecimiento del 70 % para el 2050; el 40 % será proveniente de países con altos ingresos, debido al crecimiento poblacional y la rápida urbanización [1]. En América del Norte, 190 millones de toneladas de residuos orgánicos se envían a disposición final que equivale a 200 millones de toneladas en CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI) [2].

En el 2019, el Perú generó 7 359 240 toneladas de residuos sólidos municipales (RSM) con un per cápita de 0,82 kg/hab-día y solo el 52,3 % fue depositado en rellenos sanitarios autorizados, emitiendo 4 482 000 de toneladas de CO<sub>2</sub> eq. De estos, el 57,69 % fue orgánico, y el 0,64 % se manejó mediante compostaje [3].

El distrito de Bagua Grande, Provincia de Utcubamba, se encuentra ubicada al Norte del Perú, en la Región Amazonas, en el 2020 generó 19 488,17 toneladas/año de residuos sólidos [4] con una composición porcentual de 60,58 % de materia orgánica y un per cápita de 0,774 kg/hab/día; esperando una tasa de crecimiento de 30,98 y 31,59 toneladas/día para el 2021 y 2022 producto de actividades comerciales, migración rural y la falta de cultura ambiental [5].

Bagua Grande realiza la disposición final de residuos municipales en un botadero a cielo abierto ubicado en el sector los Rollos. Sin embargo, gran cantidad de estos se encuentran dispersos dentro y fuera del casco urbano, formando 7 puntos críticos, ocasionando que la descomposición de materia orgánica genere malos olores, deteriore la calidad del aire y produzca biogás, el cual contiene metano y dióxido de carbono; principales GEI. Sin embargo, si fueran destinados a plantas de compostaje, y no a rellenos sanitarios, se lograría reducir 180 kg CO<sub>2</sub> eq por cada tonelada de materia orgánica [6].

El compost es un proceso biológico aeróbico que mejora la estabilidad estructural del suelo, aumenta la capacidad de retención hídrica, reduce la erosión y la evaporación, regula el pH y la actividad microbiana [6]. El compost común requiere de más de tres meses de maduración, en cambio con el método Takakura se necesita 62 días, resultando ser la mejor técnica de aprovechamiento de dichos residuos ya que es un tratamiento biotecnológico de bajo costo, rentable, una alternativa segura y sostenible [7].

Por otro lado, el sector agrícola, es el tercero más importante en el Perú, pero la producción nacional de abono orgánico es el guano de isla, que es regulado por el Estado para evitar su agotamiento. Por ello, durante el 2018 y 2019 se importaron 4 692 y 5 853 toneladas de abono de origen animal y vegetal a un precio de S/ 1,9 y S/ 1,8 por kg respectivamente, representando el 25 % de las importaciones de fertilizantes orgánicos de origen español [8].

Asimismo, la superficie de producción orgánica a nivel nacional está creciendo, en el 2017 se registraron 537,749 ha de cultivos orgánicos y para este año se espera contar con más de 700 mil ha ya que la demanda de los mercados extranjero está creciendo debido a que las personas se preocupan más por consumir alimentos sin químicos [9].

Toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable y tranquilo; sin embargo, los residuos orgánicos representan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente, en este sentido ¿De qué manera el diseño de una planta productora de compost con el método Takakura permitirá aprovechar los residuos orgánicos del distrito de Bagua Grande? Con ello se tuvo como objetivo general proponer el diseño de una planta productora de compost con el método Takakura para aprovechar los residuos orgánicos del distrito de Bagua Grande y como objetivos específicos: diagnosticar la situación actual de los residuos orgánicos en el distrito Bagua Grande, realizar un estudio de mercado del compost, realizar un estudio técnico e ingenieril para la instalación de una planta productora de compost y realizar un análisis económico ambiental de la propuesta.

### **Revisión de literatura**

Los residuos sólidos municipales (RSM) pueden ser de origen doméstico, comercial y/o similares [10] y los residuos orgánicos son restos de plantas, cáscaras de fruta y verduras, de huevo, de frutos secos, estiércol de animales, virutas de aserrín, papel y cartón (no coloreados) que al descomponerse en el ambiente se transforman en materia orgánica [11].

El compostaje es un proceso biológico donde microorganismos aeróbicos transforman dichos residuos en abono orgánico (compost), bajo condiciones de temperatura, aireación y humedad [11]. Este parámetro no debe elevarse ya que desplaza al oxígeno, la temperatura no debe ser menor a 35 °C, ni tampoco mayor a 70 °C. La relación C/N varía a lo largo del proceso y si es mayor a 40 [13], es la aireación, la cual debe ser del 10 % ya que si aparecen condiciones anaeróbicas dará lugar a malos olores y un producto de mala calidad [12] y durante el proceso el pH se desarrolla en tres fases.

El abono orgánico es un producto que mejora la fertilidad del suelo y aporta nutrientes a las plantas como nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros [13]. Para su elaboración, existen técnicas como los sistemas cerrados, que emplean contenedores verticales u horizontales en caso la producción sea pequeña escala; y para grandes volúmenes sistemas abiertos haciendo uso de pilas y/o camas de compostaje [13].

El proceso de compostaje con el método de compostaje Takakura utiliza microorganismos fermentativos que agilizan la descomposición de la materia orgánica. Para ello, preparan el

compost de semilla usando dos soluciones una dulce y otra salada que se agrega a un lecho de fermentación y luego a la cama de residuos orgánicos. Con el método se obtiene un compost de 62 días (2 meses y 2 días) [7].

Durante este proceso se debe tener en cuenta parámetros, como humedad, evitando que esta se eleve ya que desplaza al oxígeno generando un proceso anaeróbico y por ende una putrefacción; si baja, disminuye la actividad microbiana retrasando el proceso [12]. Otro parámetro, es la temperatura que no debe ser menor a 35 °C porque provocaría un déficit de nitrógeno o baja relación C/N, disminuyendo la ralentización de su actividad. Ni tampoco mayor a 70 °C ya que se inhibe el proceso de descomposición [13]. Si la relación C/N es mayor a 40, la actividad biológica disminuye porque hay exceso de carbono y si es baja, el compostaje se desarrolla con mayor rapidez [14].

La aireación debe ser del 10 % ya que si aparecen condiciones anaeróbicas dará lugar a malos olores y un producto de mala calidad [12]. El pH se desarrolla en tres fases, al inicio se acidifica produciendo la liberación de ácidos orgánicos, luego se alcaliniza ya que se pierden estos y finalmente tiende a tomar valores cercanos al neutro por la formación de compuestos orgánicos del suelo [13].

El tamaño de planta permite el análisis de la disponibilidad de materias prima, las relaciones entre tamaño y demanda, tecnologías, equipos y financiamiento [15]. Y la distribución de planta permite reducir espacios, desplazamiento, retrasos y congestión, para ello considera el número de actividades del proceso productivo. Mientras tanto, el método Guerchet permite determinar las principales áreas dentro de una planta [15].

Abushammalaa *et al.* [16], su investigación tuvo como objetivo identificar microbios efectivos (EM) para acelerar el proceso de compostaje mediante los EM de Takakura y EM de residuos de fruta. Usaron un compostador rotatorio con capacidad de 125 litros con cuatro compartimentos. Evaluando parámetros como temperatura, humedad, pH y relación C/N. De 5 t/día de residuos orgánicos, obtuvieron 1,75 t/día de compost. La producción de lixiviados fue 1,297 ml de un total de 37,3 kg de material de abono, debido a la alta temperatura del método Takakura. El contenido de humedad varió entre 50 y 70 %, la temperatura fue de 35°C y un pH (7,02 y 7,35) adecuado a la cuarta semana. Indicando que el método Takakura durante el compostaje mejoró y aceleró el proceso produciendo un abono de alta calidad.

Iliquín [7], su investigación fue experimental con el objetivo de producir compost con el método Takakura y Em-compost a partir de residuos orgánicos. Para ello, elaboró 3 camas de 1,3 x 0,8 m. con una pendiente de 1,5 a 5 % para facilitar los lixiviados, al primer método llenó a la mitad con residuos y al otro completo. Para el proceso de activación del Em-compost usó

melaza, agua y para el Takakura una solución dulce y salada dejándose fermentar por 7 a 8 días para luego ser agregada en un lecho de fermentación por 12 días, a la cama se le agregó en una relación de 1:1 y para controlar la humedad agregó agua. Empleó la Norma de calidad de compost de Chile. Obtuvo un rendimiento menor con Takakura (19,11 %), pero mayor rapidez de madurez (57,67 días) con una relación C/N fue de 11,03 y un color de compost maduro claro.

Jiménez *et al.* [17], en su investigación mencionan que el objetivo fue emplear cajas de compostaje Takakura (TCB) como alternativa para la gestión de residuos alimentarios de oficinas y universidades. En cuanto a la metodología emplearon dos cajas de madera, envuelta con una bolsa de tela de algodón, de 0,16 m<sup>2</sup> con orificios para permitir la aireación y garantizar las condiciones aeróbicas. La temperatura se midió cada hora con un registrador de datos USB de termopar que se instaló en medio del sistema sustrato-residuo, cada vez que se agregaron los desechos todos los residuos se distribuyeron uniformemente a través del sustrato de Takakura. El periodo del compostaje fue 42 días con una temperatura máxima de 54 °C; sin embargo, las regulaciones internacionales establecen que esta debe estar por encima de 55 a 60 °C para eliminar patógenos. Presentó un pH de 6, una humedad de 21 %, valor mucho menor que el recomendado para el compost (35-50 %). El estudio arrojó 30,6 ± 3,1 de carbono; 1,55 ± 0,12 de potasio; 0,44 ± 0,04 de magnesio; 1181 ± 177 de hierro; 35 ± 5 de cobre; 103 ± 15 de zinc.

Chaves *et al.* [18] indicó que su investigación tuvo un diseño experimental factorial con el objetivo de valorizar los residuos sólidos biodegradables mediante sustratos inóculos microbiales como Takakura y los MM (microorganismos de montaña). Utilizó compostera de volteo y camas de 5 x 30 m de largo en un suelo de cemento, empleó residuos como cáscaras de frutas, hojas de hortalizas, restos de arroz, frijoles, vegetales, huesos, pan, cáscaras de huevo, los cuales fueron triturados a 2 mm y se colocaron en una malla para que drenara y disminuir el exceso de humedad. El método Takakura por volteo y en el suelo alcanzó mayor temperatura y un pH de 8,26, humedad de 20,40 %, la eficiencia en el suelo del TK fue de 70,32 % y en la compostera por volteo de 81,25 %.

Mendoza [19], su investigación tuvo como objetivo diseñar un proceso de obtención de abono a partir de residuos sólidos. El método del estudio fue deductivo, inductivo y experimental, de 3 600 kg de residuos orgánicos, con una densidad de 248,65 kg/m<sup>3</sup> obtuvo 1 134 kg de compost. Elaboró 3 pilas de 3,21 y 1,5 m de ancho, siendo el espacio de planta 233 m<sup>2</sup>. Al inicio del compostaje fue necesario que el tamaño de partícula sea de 2-3 cm. Se analizó parámetros como humedad, temperatura, relación C/N, materia orgánica, los cuales fueron comparados con la Norma NCh2880 del Instituto Nacional de Normalización (INN) y en teoría cumplieron con los estándares. El método permitió obtener un compost en 2 meses

con un precio por saco (25 kg) de \$5,63.

## **Materiales y métodos**

El tipo de investigación fue aplicada porque buscó dar solución al problema identificado a través de conocimientos adquiridos.

Esta investigación tuvo un diseño cuantitativo - no experimental - transeccional, ya que no se manipuló ninguna de las variables y se centró en la recolección y análisis de datos, los cuales fueron tomados en un solo momento.

*Diagnóstico de la situación actual* de los residuos orgánicos, para ello se revisó la información proporcionada por la Gerencia de Desarrollo Ambiental del distrito Bagua Grande y se consultó la página web del Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL), en donde se identificaron la cantidad de materia orgánica generada al día [20]. Además, mediante un cuadro de doble entrada se identificaron los puntos críticos dentro y fuera del casco urbano de la ciudad. Se elaboró la matriz de Leopold, en las columnas se presentó la gestión de los residuos sólidos municipales y en las filas los factores ambientales susceptibles de alterarse, se definió las interacciones existentes, en base a importancia y magnitud. Además, se proyectó la generación de residuos para los próximos 5 años [21].

*Estudio de mercado del compost*, se definió el producto a comercializar, la zona de influencia, el análisis de la demanda considerando la situación actual, la demanda histórica (5 años) a nivel nacional, consultando los datos estadísticos del organismo descentralizado SENASA. Lo mismo se realizó para la oferta, pero se consultó el Trade Map. El coeficiente de correlación permitió identificar el método de proyección de demanda y oferta, encontrando la demanda insatisfecha del producto. Además, se calculó el precio del producto a partir de productos sustitutos, considerando factores internos y externos que pueden influir en el precio final, estos se proyectaron a 5 años. Finalmente, se realizó el plan de ventas para 5 años y las conclusiones del estudio de mercado [20].

*Estudio técnico e ingenieril*, se determinó la localización de proyecto con factores de macro y micro localización; se calculó la capacidad de planta, el plan de producción y el requerimiento de materiales para los 5 primeros años. El proceso productivo se describió con la revisión de investigaciones del proceso de compostaje con el método Takakura; este incluyó en el diagrama de flujo y el balance de masa. La tecnología (maquinaria) requeridas para el proceso productivo se realizó en base a la capacidad diseñada y la distribución se realizó con el método SLP (Systematic Layout Planing) y Guerchet, teniendo en cuenta el tipo de distribución, para el diseño de la planta se usó el programa AutoCAD [20].

*Análisis económico ambiental de la propuesta*, se consultó páginas web para calcular la inversión tangible e intangible cómo los costos de producción, construcción, instalación, mobiliario, equipos para controlar los parámetros, maquinarias. el punto de equilibrio económico. Luego, se elaboró el estado de ganancias y pérdidas a partir de costos de producción y gastos operacionales. Finalmente, el flujo de caja anual donde se indicó el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el análisis costo beneficio (B/C) y el periodo de recuperación de la inversión del proyecto. Para el análisis ambiental se determinó los efectos ambientales en la etapa de construcción y producción de la planta de compostaje empleando una matriz de Leopold [20].

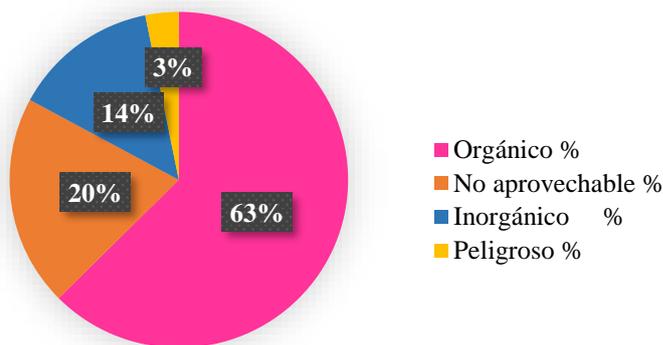
## **Resultados y discusión**

### *Diagnóstico de la situación actual*

El distrito de Bagua Grande es considerado uno de los más extensos y poblados del departamento de Amazonas. La contaminación ambiental por residuos sólidos municipales es uno de los problemas que vienen confrontando sus autoridades y población en general, como consecuencia de una serie de factores económicos, sociales e institucionales, siendo los principales el desarrollo de una actividad comercial creciente, la migración rural y la falta de cultura ambiental.

Además, el manejo de residuos sólidos es deficiente en las distintas etapas de gestión ya que solo el 60 % de la población cuenta con cobertura en el servicio de recolección y la limpieza de las calles no es atendido en su totalidad [5]. Razón por la cual la población convive con los residuos y no solo en los hogares, sino a la vuelta de cualquier esquina, en calles, a orillas de las carreteras, en parques, plazas, mercados se observa gran cúmulo de cáscaras de frutas, papeles, bolsas plásticas; los cuales se denominan puntos críticos, ver tabla 1 A. Esta situación, genera mal aspecto de la ciudad a los turistas. Por ello, se evaluó el impacto ambiental mediante la matriz de Leopold a partir de la gestión de residuos sólidos, ver tabla 1.

La disposición final se realiza en un botadero a cielo abierto, este tiene un área de 30 000  $m^2$  y se ubica a 11 km del centro de la ciudad (altura del km 215 de la carretera Fernando Belaunde), en el sector los Rollos [22]. Aquí se dispone de 41  $m^3/día$  de residuos, con mayor composición porcentual se registran residuos orgánicos, ver figura 1; estos al no ser tratados incrementan el impacto ambiental negativo ya que durante la descomposición se presentan vectores (moscas) y olores desagradables por la producción de gases.

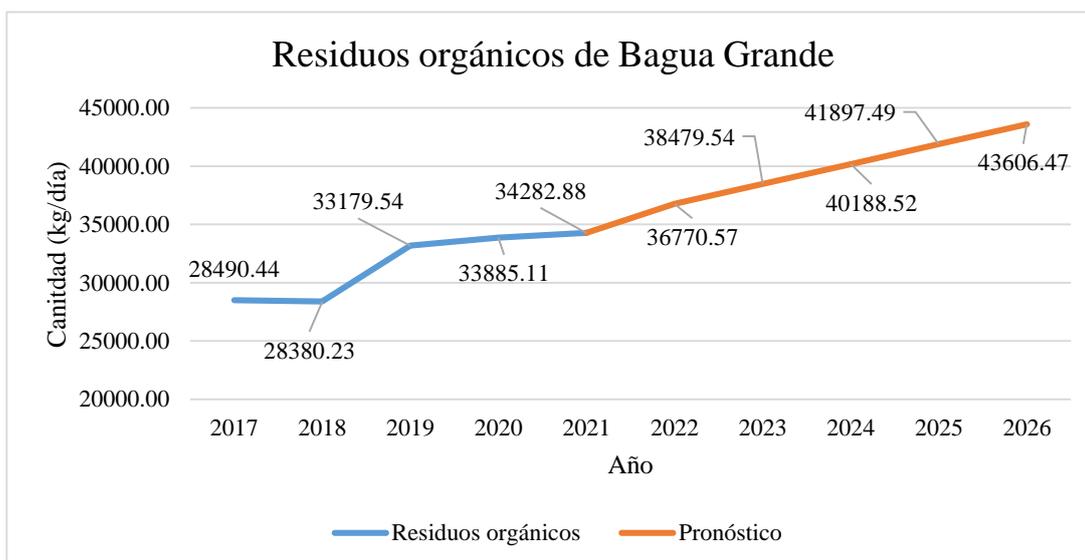


**Figura 1: Caracterización de residuos sólidos municipales-Bagua Grande**

Fuente: Elaboración propia. En base a [6].

En esta caracterización la materia orgánica está dada por residuos de alimentos (cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares), de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos) y otros orgánicos (estiércol de animales menores, huesos) y los peligros por pilas (0,26 %) y residuos sanitarios (2,92 %)

Durante los últimos 5 años la GPC de residuos sólidos se ha incrementado, ver tabla 2 A y en base a ello, a la población y a la composición porcentual de materia orgánica se realizó la proyección de los residuos orgánicos generados en los próximos 5 años, mediante regresión lineal ya que la data histórica (2017-2021) arrojó un coeficiente de correlación de 0,84; indicando que existe una relación directa entre las variables cantidad y residuos orgánicos, ver figura 2.



**Figura 2. Residuos orgánicos históricos y proyectados (kg/día)**

Fuente: Elaboración propia. En base a SIGERSOL [23].

Tabla 1. Matriz de Leopold de la gestión de residuos sólidos en Bagua Grande

Tipo de impacto			Gestión integral de residuos sólidos										Impacto por subcomponente	Impacto por componente	IMPACTO TOTAL
Medios	Componente ambiental	Factores ambientales	Generación		Segregación		Servicio de barrido		Servicio de recolección y transporte		Disposición final				
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
Físico	Aire	Contaminación del aire	-10	8	-2	4	-6	8	-8	4	-8	8	-232	-424	
		Olores desagradables	-10	8	-2	4	-4	4	-6	4	-8	8	-192		
	Agua	Calidad del agua									-8	8	-64	-128	
		Contaminación del agua									-8	8	-64		
Social	Suelo	Contaminación del suelo	-6	4			-2	2	-4	6	-8	8	-116	-116	
		Salud	-6	4	-2	4	-8	4	-6	4	-8	8	-152		
	Social	Empleo					6	4	6	4	6	4	72	-168	
		Territorio y recursos naturales	-6	4							-8	8	-88		
Biológico	Ecosistema	Ecosistema terrestre	-6	4							-8	8	-88	-88	
	Vegetación	Flora y vegetación	-6	4							-8	8	-88	-88	
<b>Promedios positivos</b>			0	0	1	1	1	1	1	1	1	1			
<b>Promedios negativos</b>			7	3	4	4	4	4	4	4	9				
<b>Promedios aritméticos</b>			-280	-24	-76	-86	-552					-1012			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2. Escala de valoración del impacto**

	Magnitud del impacto (M)	Intensidad del impacto (I)
<b>Escala de valoración</b>	2	Puntual
	4	Parcial
	6	Medio
	8	Extenso
	10	Total

**Fuente: Elaboración propia. En base a Pinto [24].**

Con respecto a los puntajes asignados en la tabla 1 se indica que, en la generación, la proyección de residuos orgánicos para el año 2022 es de 36 t/día que equivalente a 37 t de  $CO_2$  y al ser uno de los principales GEI se consideró el mayor puntaje en el factor contaminación del aire. El porcentaje promedio de humedad de residuos orgánicos en Bagua Grande es de 73% [5] y según [11] indica que un contenido de humedad mayor al 60% genera malos olores y presencia de moscas ya que los residuos se empiezan a degradar mediante un proceso de putrefacción, considerando la magnitud del impacto en -10 para olores desagradables. En ambos casos la intensidad es alta ya que el municipio trata de recolectar de forma interdiario los residuos para evitar molestias y enfermedades.

En el componente suelo se considera magnitud media ya que 5 de los puntos críticos se encuentran fuera del casco urbano porque no existen áreas de cultivo cerca, de la misma manera para el medio social y biológico. La intensidad toma un valor de 4 ya que los puntos se encuentran localizados.

Segregación: Bagua Grande cuenta con un programa de segregación en la fuente, trabajan con 2 000 viviendas con un promedio de 4 integrantes por familia, esta cantidad representa el 14 % de la población total ya que son más de 57 000 habitantes, la recolección se realiza de lunes a sábado logrando recolectar un promedio de 700 a 1 000 kg (1 t) de residuos orgánicos por día. Si se aplica una regla de tres solo el 27% de baguagrandonos segregan sus residuos. Esta se realiza en un ambiente cerrado (casas); por lo tanto, la magnitud del impacto es puntual y para el componente salud se considera lo mismo.

Servicio de barrido: Bagua Grande tiene una superficie de  $746,64 \text{ km}^2$  y el barrido se realiza solo a  $23 \text{ km}^2$  de forma manual, trabajan 23 personas entre hombres y mujeres diariamente por avenidas y jirones pavimentadas. Durante esta actividad se genera polvo que pone en riesgo la salud ya que se trabaja de 6 AM a 1 PM, pero también los trabajadores recogen residuos sólidos de la quebrada Cachimay; la cual está llena de todo tipo de residuos incluso animales muertos. Para el factor contaminación del aire la magnitud es media e intensidad alta ya que el operario se desplaza por diferentes puntos. En olores desagradables la magnitud es parcial debido a que la limpieza solo toma 1 punto crítico y una intensidad baja. En cuanto al suelo magnitud puntual

e intensidad baja porque dicho servicio se realiza todos los días. En salud magnitud extensa dado que los trabajadores están bajo el sol, polvo y olores e impacto bajo.

Servicio de recolección y transporte: Bagua Grande tiene 4 camiones y 4 compactadores, el carro recolector pasa 3 veces a la semana y solo el 60 % cuenta con el servicio de recolección, es decir más de 14 t/día se queda en l casas y puntos críticos de la ciudad, tomando un valor extenso en el factor contaminación del aire, ya que el residuo es transportado por toda la ciudad. En olores desagradables una magnitud media ya que las 35 personas que laboran en la recolección inhalan olores putrefactos; en ambos casos la intensidad fue baja ya que afecta a un porcentaje de la población. Para el componente suelo, social magnitudes parcial, media e intensidad moderada y baja, respectivamente.

Disposición final: al botadero municipal llegan 37 t/día de residuos sólidos los cuales son distribuidos cerca de la carretera que se utiliza para tránsito a la Costa y Selva con una magnitud extensa ya que pone en riesgo la salud pública de quienes transitan y a los que van a depositar los residuos. La intensidad es moderada ya que depende del tiempo de permanencia en el lugar. En este caso para depositar los residuos se tardan aproximadamente 40 minutos, esto solo para el factor ambiental salud. Sea el caso de los demás factores a excepción del de salud se considera una magnitud extensa porque los residuos orgánicos al descomponerse en el botadero producen metano, un GEI que es 30 veces más dañino para el ambiente que el  $CO_2$ .

El factor ambiental empleo se aplicó para la etapa de barrido, recolección y transporte y disposición final con una magnitud media ya que el personal es cambiado cada 3 meses y una intensidad baja ya que se contrata a mujeres que pertenecen a clubes de madres.

La matriz de Leopold arrojó un impacto ambiental negativo de -1 012. La disposición final generó mayor impacto con -552 y también la generación con -280. El componente con mayor impacto fue el recurso aire con -424 ya que la descomposición de los residuos genera malos olores, gases de metano y dióxido de carbono; los cuales incrementan los GEI; el social con -168 y el recurso suelo con -116 ya que la descomposición de materia orgánica genera lixiviados que al filtrarse en el suelo afecta su productividad y mata a la microfauna (lombrices, bacterias). Además, incrementa la presencia de plagas, roedores, zancudos.

Con lo anterior, se evidenció un alto nivel de contaminación y si no se adoptan medidas urgentes para disminuir el impacto negativo, las consecuencias pueden ser irreversibles para el medio ambiente como a la salud pública. Por esta razón, la valorización de los residuos orgánicos a través de compostaje permite disminuir la contaminación y la cantidad de materia que terminará en el botadero municipal.

### Estudio de mercado

Este tuvo como objetivo determinar la viabilidad comercial del proyecto. El compost o abono orgánico como se le conoce comercialmente tiene un color marrón oscuro o negro. Se comercializa en sacos de polipropileno de 50 kg y tiene un tiempo de vida útil de 6 meses. Es utilizado en la agricultura para cultivos como café, cacao, plátano, tomate, caña de azúcar, hortalizas, papa, camote; también en jardines, macetas, huertos. La dosis varía según el tipo de cultivo y la evaluación previa del suelo.

Además, su alto contenido de materia orgánica mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aumenta la capacidad de retención de la humedad del suelo, aporta macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes, aporta organismos (bacterias y hongos) que transforman aquellos materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degrada sustancias nocivas. [13]

Como productos similares del compost se encuentra el guano de isla obtiene a partir de las aves guaneras (guanay, piquero y alcatraz o pelícano), es recolectado de forma artesanal (al ser el relieve rocoso) de 22 islas y 9 puntas del litoral de la Costa Peruana y es comercializado por la Dirección de Abonos del Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural para evitar su agotamiento [25]. También se tiene al vermicompost (humus) que utiliza la lombriz roja californiana, esta se alimenta a partir de materiales orgánicos vegetales y requiere de altas concentraciones y el mulch que se elabora a partir de residuos vegetales (rastros, hojas de árboles, pastos), conocido también como “colchón vegetal” ya que se coloca como una capa en la superficie de los suelos; siendo su principal es evitar la erosión de los suelos. [13]

Como productos sustitutos están los fertilizantes simples como la urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, fosfato monoamónico, sulfato de potasio, entre otros.

Los factores que determinan el área de mercado es el incremento de la agricultura orgánica, el Perú ocupa el segundo lugar en el mundo en producción y comercialización de café y cacao orgánico; el banano viene creciendo rápidamente como el kion, la cúrcuma y se prevé un crecimiento de palta orgánica. Por esta razón, los agricultores deciden certificar sus productos, generando grandes oportunidades de negocios para el abono orgánico ya que para acreditar como productos orgánicos no se debe emplear químicos [9].

En el Perú la agricultura orgánica se desarrolla en 22 Departamentos, entre ellos Amazonas que tiene aproximadamente 12 628,97 ha de superficie orgánica y cuenta con marcas (Huamanpata Coffee Organic, Cooperativa Agraria Cafetalera Bagua Grande, Amazonas Coffee, Cacao Ichigkat Muja-Awajun Wampis) que comercializan y exportan café, cacao

orgánico [26]. Por esta razón, el mercado objetivo son aquellos agricultores o empresas que se dediquen a la agricultura orgánica, logrando impulsar el desarrollo de la Región.

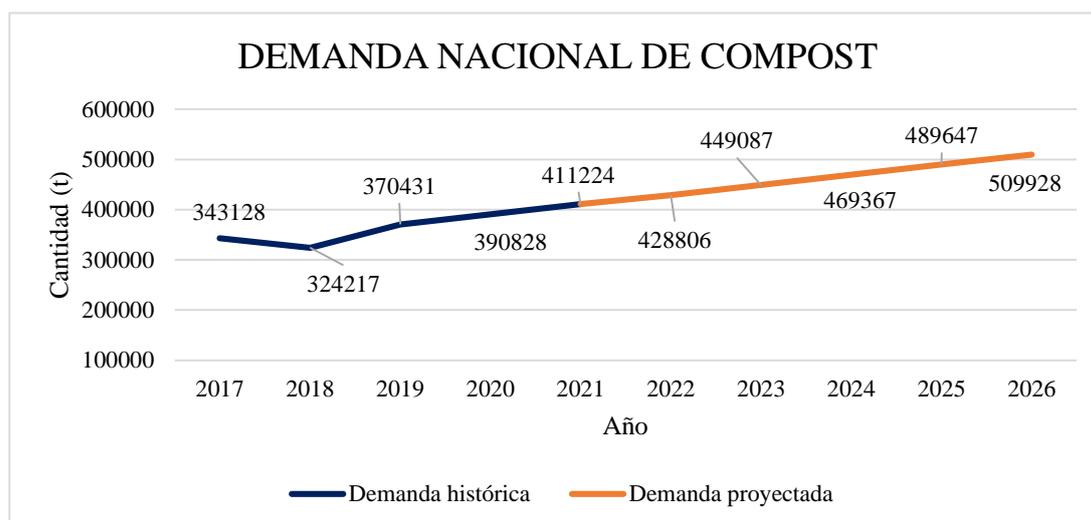
Sin embargo, existen factores que limitan la comercialización, como la idiosincrasia del agricultor ya que usualmente emplean fertilizantes químicos por el precio y disponibilidad. La aceptación del mercado, el abono orgánico no muy comercializado y el agricultor desconoce de sus beneficios, y la competencia extranjera ya que gran cantidad del abono orgánico se importa a un precio accesible.

La situación actual de la demanda indicó que en Amazonas la principal fuente económica es la agricultura y la ganadería, hay alrededor 6 775 productores y 12 705,47 hectáreas orgánicas y 1 750,05 en transición. Lo que se cultiva es el café, cacao orgánico; siendo el café el producto principal y más permanente ya que se exporta a Estados Unidos, Unión Europea, Reino Unido, Canadá, Nueva Zelanda. Según SUNAT, el 4,7 % de la exportación nacional de café del país proviene de Amazonas, esta producción se ha incrementado por la organización de los productores cafetaleros y el rendimiento promedio que es 15qq/ha. El cacao llega a producir 2 300 toneladas métricas en Bagua, Bagua Grande y Utcubamba; otros productos que van creciendo es el banano orgánico y maíz amarillo duro. Las zonas productoras son la Provincia de Utcubamba, Rodríguez de Mendoza y Luya [27]. De esta manera, para seguir produciendo es necesario contar con abono orgánico que se importa a un precio de 1,9 USD/kg [28] .

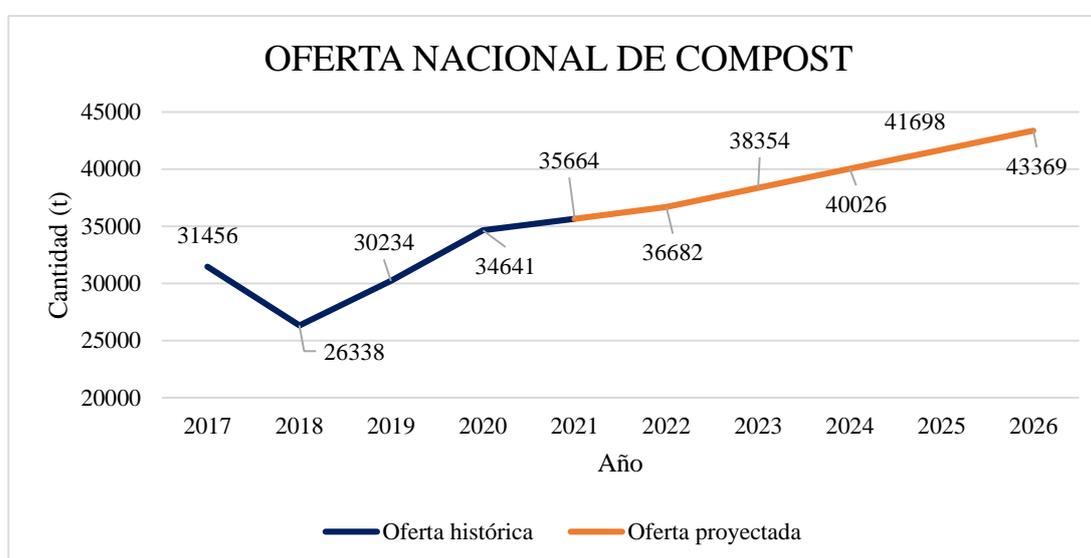
La demanda histórica se obtuvo en función a la superficie agrícola a nivel nacional, dada por el Ministerio de Agricultura y Riego ya que a nivel regional no se encontró data. Por cada hectárea se consideró que se requiere 0,6 toneladas de abono [29], ver tabla 3 A.

La evaluación y características de la oferta actual mencionó que Amazonas es la segunda en producción de café orgánico ya que su Provincia de Rodríguez de Mendoza produce 858 hectáreas de café orgánico con un rendimiento de 1 200 a 1 600 kg/ha debido a la fertilización del suelo. Su oferta exportable supera los 30 contenedores y cada uno almacena de 27 000 a 27 500 kg de café [30] y la Cooperativa de Servicios Múltiples-distrito de Bagua produce 100 a 350 toneladas al año con destino Estados Unidos, Italia y Canadá [31]. La oferta histórica se determinó mediante las importaciones de abono de origen animal o vegetal y la producción nacional de guano de la isla a partir del 2017 a 2021, ver tabla 4 A.

Se utilizó el método de proyección lineal para proyectar la demanda y oferta ya que el coeficiente de correlación fue de 0,81 y 0,59; respectivamente. La proyección de la oferta y demanda nacional se realizó para los próximos 5 años (2022-2026), ver figura 3 y 4.



**Figura 3. Demanda histórica y proyectada del compost, periodo 2017-2026**  
Fuente: Elaboración propia. En base a [32].



**Figura 4. Oferta histórica y proyectada del compost, periodo 2017-2026**  
Fuente: Elaboración propia. En base a [33] [34].

La demanda insatisfecha nacional del proyecto se calculó con la diferencia de la demanda y oferta proyectada. Sin embargo, por la disponibilidad de los residuos orgánicos en el distrito de Bagua Grande solo se logró cubrir el 0,007% de esta, ver tabla 3. Este se calculó con la proyección de los residuos orgánicos históricos.

El precio del producto se determinó en base al guano de isla (producto similar) ya que no existe registro de empresas productoras de abono orgánico. La política de precios fue establecida en función a los atributos del producto, la competencia y disponibilidad de materia prima.

**Tabla 3. Demanda del proyecto y precio del compost, 2022-2026**

Año	Demanda proyectada (t)	Oferta proyectada (t)	Demanda insatisfecha nacional	% a cubrir	Demanda del proyecto (t)	Cantidad de sacos (50 kg)	Precio/saco (S/)
2022	428 806,00	35 756,20	393 049,80	0,007	2 564,80	51 296	62,96
2023	449 086,80	37 964,40	411 122,40	0,007	2 684,01	53 680	63,54
2024	469 367,10	40 172,60	429 194,50	0,007	2 803,21	56 064	64,12
2025	489 647,40	42 380,80	447 266,60	0,007	2 922,41	58 448	64,70
2026	509 927,70	44 589,00	465 338,70	0,007	3 041,62	60 832	65,28

Fuente: Elaboración propia. En base a [35].

El sistema de distribución del compost fue de venta directa, es decir el producto se vende en la planta permitiendo el contacto directo con los consumidores y evitando la contratación de minoristas o agentes para disminuir costos.

Se determinó la viabilidad comercial del proyecto para la instalación de una planta de producción y venta de abono orgánico en la ciudad de Bagua Grande, considerando factores externos como el precio en el mercado, la demanda y oferta, productos similares y sustitutos. Según el análisis realizado, se determinó que la demanda a cubrir por el proyecto para el año 2026 es 3 041,62 toneladas y 60 832 sacos de compost a un precio de S/ 65,28.

#### Estudio de ingeniería

La localización del proyecto fue evaluada por dos aspectos macro y micro localización. Como Macro localización se consideró al distrito de Bagua Grande, evaluando tres de sus doce sectores, sector Visalot, Primavera y Los Libertadores de acuerdo con la cantidad de viviendas ya que estas son las que generan los residuos orgánicos. Estos se calificaron mediante factores que primero fueron comparados en una matriz de enfrentamiento, ver tabla 4.

**Tabla 4. Factores de macro localización del distrito de Bagua Grande**

Sectores		Visalot	Primavera	Los libertadores
Factores	Ponderación	Calificación	Calificación	Calificación
Disponibilidad de materia prima	18%	10	6	8
Abastecimiento de agua	11%	8	6	10
Abastecimiento de energía eléctrica	16%	10	6	8
Disponibilidad de mano de obra	9%	8	6	10
Condiciones climáticas	7%	10	6	8
Cercanía del mercado	11%	10	8	6
Facilidades de transporte y vías de acceso	11%	10	6	8
Disponibilidad y costo de terreno	9%	6	6	6
Disposición final de residuos sólidos	7%	8	10	6
<b>Calificación</b>		<b>9,1</b>	<b>6,5</b>	<b>7,9</b>

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo la ponderación de cada factor, se asignó a cada sector una calificación con escala de 2 a 10; donde el sector de Visalot presentó mayor calificación debido al acceso de materia prima (residuos orgánicos).

La micro localización estuvo dada por los jirones del sector Visalot y se eligió el Jr. Pachacútec ya que la Guía para la Gestión Operativa del Servicio de Limpieza Pública, menciona que las plantas de valorización de residuos orgánicos no deben ubicarse en áreas de zonificación residencial, comercial o recreacional, ni tampoco obstaculizar el tránsito vehicular o peatonal; además, es el único que sector que tiene disponibilidad de terreno. Las coordenadas son 5°45'48,5"S 78°27'17,9"W que se encuentra a las afueras de la ciudad.

Para elegir el método de compostaje se realizó un cuadro comparativo con los principales métodos, ver tabla 5 A.

Los parámetros y micronutrientes del producto se establecieron en función de la norma NCh2880.Of2004, ver tabla 5. Según [13], un compost de calidad es aquel que está libre de patógenos y metales pesados, estos últimos son compuestos que no se destruyen ni se descomponen pudiendo ser asimilados por la cadena trófica (plantas, animales y hombre). Para evitar esto es necesario emplear temperaturas elevadas, por ello es importante medir la temperatura en la fase termofílica, la humedad, la aireación y el tamaño de partícula, a esto se le conoce como inocuidad biológica.

**Tabla 5. Ficha técnica del compost con el método Takakura**

<b>Ficha técnica del compost</b>	
Nombre	Abono orgánico
<b>Características fisicoquímicas</b>	
Temperatura	40-60°C
pH	5,8 - 7,2
Relación C/N	<=25:1
Materia orgánica	≥20 %
Humedad	30 – 40 %
<b>Macronutrientes</b>	
Nitrógeno	0,3 % – 1,5 % (3g a 15g por kg de compost)
Fósforo	0,1 % – 1,0 % (1g a 10g por kg de compost)
Potasio	0,3 % – 1,0 % (3g a 10g por kg de compost)
<b>Especificaciones Sensoriales</b>	
Color	Marrón oscuro o negro ceniza
Olor	A tierra húmeda

---

### Ficha técnica del compost

---

#### Propiedades

##### Propiedades físicas:

- Facilita el manejo de la tierra al momento de sembrar.
- Aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo.
- Reduce el riesgo de erosión.
- Ayuda a estabilizar la temperatura del suelo.
- Reduce la evaporación del agua.

##### Propiedades químicas:

- Aporta macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes.
- Mejora la cantidad de cationes que el suelo puede retener.

#### Almacenamiento

- El compost es envasado en sacos de polipropileno laminado de 50 kg.
- Se recomienda almacenar bajo condiciones ambientales para evitar alteraciones en sus características fisicoquímicas.

#### Vida útil estimada

Se aconseja aplicar el abono orgánico en un periodo no mayor a 6 meses.

---

**Fuente: Elaboración propia en base a [36] y Román *et al.* [13].**

La capacidad diseñada se determinó según el último año proyectado (2026) obteniendo 25 sacos/hora ya que es la cantidad más alta para producir, la planta opera en un turno de 8 horas, 6 días a la semana y 303 días al año. La capacidad real fue de 21 sacos/hora y se calculó con la proyección del primer año. La capacidad utilizada fue de 85%, en función a las capacidades anteriores.

La política de inventario para el plan de producción se basó en que todo lo que se produce se vende a fin de evitar stock al final del inventario. ver tabla 6 A.

Para la elaboración 50 kg de compost se requiere de materiales directos, 193 kg de residuos orgánicos, 15 l de agua, 2 kg de sal, 2 kg azúcar morena, 2kg de melaza, 4 kg de cáscara de frutas, 8 kg de cascarilla de arroz, 8 kg de maíz molino y 10 kg de tierra e indirectos como 50 cm de hilo y 1 saco de polipropileno laminado. Para ello, es necesario calcular la relación C/N de la materia prima, la cual debe ser menor o igual a 25:1, ver tabla 7 A. El porcentaje de participación se estableció de acuerdo con la disponibilidad del recurso y que se encuentre dentro del rango indicado.

Mencionar que no todos los residuos domiciliarios se van a emplear, en este caso se van a necesitar de residuos orgánicos como restos de cáscaras de verduras, frutas, huevos. Estiércol de ganado, guano de cuy, panca de maíz, yogurt, lácteos, papel sin tinta, restos de poda.

El sistema de producción es de flujo continuo sin la existencia de paros. Para el proceso de producción del compost con el método Takakura se debe preparar primero la semilla de

Takakura (compost de semilla), para ello se elabora dos soluciones una salada a base de sal, agua y cáscara de frutas, las cantidades fueron descritas en el párrafo anterior. La solución dulce se elabora a base de agua, azúcar morena y melaza. Ambas soluciones no deben llegar a la saturación y se deja reposar por 7 días, el recipiente con solución dulce no se debe cubrir ya que al fermentarse produce gases que puede provocar explosión, durante el proceso de fermentación el olor es como el del alcohol. Luego se elabora un lecho fermentativo con cascarilla de arroz, maíz molido y tierra. Las soluciones antes descritas deben mezclarse en el lecho fermentativo formando una pila haciendo uso de una mini cargadora, pero evitar la parte sólida de la solución salina, la humedad debe estar al 60 % y la temperatura entre 60- 80°C. Se deja por 5 días y se cubre con plástico para evitar el ingreso de insectos; cuando la superficie queda cubierta con el moho blanco significa que se completó la fermentación. Pasado los 5 días, la semilla de Takakura puede ser almacenada, esta conserva sus microorganismos por largo periodo de tiempo.

La segregación de los residuos orgánicos se realiza in situ, es decir en las casas ya que el gobierno regional aprobó un Plan Regional de Educación Ambiental 2019 – 2022 a fin de guiar las acciones a nivel nacional, regional, local, en materia ambiental para fortalecer el desarrollo de la región Amazonas. Es la municipalidad la encargada del recojo y transporte del residuo orgánico hasta la planta de compostaje de lunes a sábado de 06:00 am a 04:00 pm por los doce sectores de la ciudad empleando motos cargueras, las unidades móviles realizan la recolección dejando un día por cada sector. En este sentido, no existe costo del residuo orgánico.

El proceso productivo inicia con la recepción de materia orgánica a la planta de compostaje, ver figura 5, y pasa a ser pesado en una balanza eléctrica. Luego, se segregan los residuos de forma manual para desechar plástico, metales, entre otros residuos que no sean orgánicos. Haciendo uso de una trituradora industrial se reduce el tamaño de los residuos a 1,6 cm para que se descompongan más rápido ya que si es muy pequeña dificulta la aireación y si es muy grande, la fermentación aeróbica se dará en la superficie produciendo malos olores.

El primer periodo de compostaje (etapa mesofílica) inicia a temperatura ambiente y los azúcares, almidón, proteínas y grasas se van descomponiendo rápidamente; los microorganismos se multiplicaron alcanzando en horas una temperatura de 45°C, de esta manera la pila se comienza a calentar y se observa la emanación de vapor de agua en la parte superior de la materia orgánica. Paralelamente disminuye el pH llegando a 4 o 4,5. Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). Luego se agrega a la pila de residuos sólidos 30% del sustrato elaborado (semilla de Takakura).

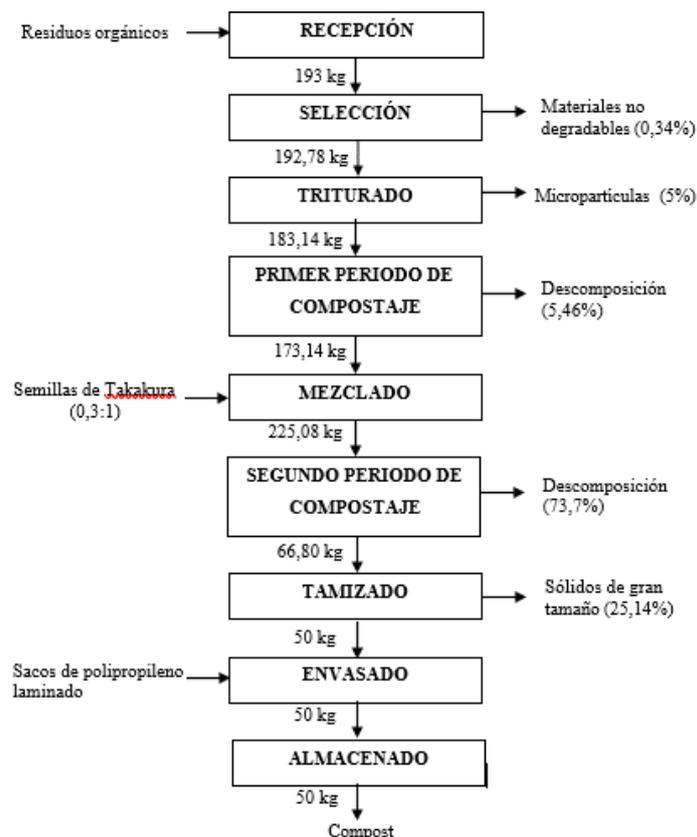
En el segundo periodo de compostaje (termófila) se reduce el tamaño de las pilas modificando su volumen y peso inicial, esto permite alcanzar la estabilidad de la materia orgánica y la higienización del producto destruyendo bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp* ya que la temperatura está en 65°C. Durante este proceso se controló la relación C/N, aireación, evitando temperaturas excesivas que lleguen a matar los macroorganismos fermentativos. Se voltean las pilas cada 7 días. Durante este proceso se controla cuidadosamente cada parámetro para evitar inconvenientes, como la relación C/N. Para ello, se emplea un termohigrómetro digital.

En la fase de enfriamiento (mesófila II) se agotan las fuentes de carbono y nitrógeno en la pila, además con la muerte de los microorganismos termófilos, inicia el descenso de la temperatura hasta los 40-45°C. Al bajar la temperatura los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH disminuye levemente, aunque se mantiene alcalino. Estos utilizan como nutrientes la celulosa y lignina se alimentan que se siguen degradando. Se hace uso de un pH metro digital. Esta fase requiere de varias semanas.

En la fase de maduración la temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias. Las partes menos biodegradables de los residuos más resistentes se van degradando. Es un período de fermentación lenta.

Esta etapa es la final del proceso de compostaje, el compost se encuentra estable y con características similares a la del suelo ya que cuando la temperatura tiende a disminuir hasta llegar a la temperatura ambiente, indica que el proceso llegó a su fin. En esta etapa la actividad microbiana es menor que las etapas anteriores por lo tanto el monitoreo del proceso es menor, pero se debe vigilar para evitar en este proceso la presencia de temperaturas elevadas, humedad, si esta no se controla la materia orgánica producen compost con características inferiores a lo requerido.

Finalmente, se obtiene un producto homogéneo y de calidad ya que las partículas que no son propias del compost fueron separadas en un tamiz vibratorio. El compost se envasa en sacos de polipropileno laminado de 50 kg y realiza la costura de los sacos verificando el correspondiente. El producto se almacena en condiciones ambientales para evitar alteraciones en sus características fisicoquímicas. El periodo de compostaje con el método Takakura, según [7] es de 62 días.



**Figura 5. Balance de masa del proceso de compostaje con el método Takakura**  
Fuente: Elaboración propia.

La capacidad requerida de la maquinaria fue de 4 t/h y se calculó en base a la capacidad diseñada. El consumo de energía en la etapa de pesado (balanza electrónica de piso, triturado (triturado industrial), tamizado (tamiz vibratorio) y envasado (máquina para coser sacos) fue de 85,69 kW/día y para las áreas administrativas 7,84 kW/día.

El tipo de distribución del proyecto fue por producto ya que cada proceso es ubicado de forma secuencial. El cálculo del área total fue de 35 x 30 m, se necesitó 6 pilas de 4 x 1,5 x 1,7 m para 43 606,47 kg de residuos orgánico más el 30% de la semilla de Takakura que se agregará; para la semilla de Takakura se necesitó 6 pilas de 2 x 1,5 x 0,9 m, en ambos cálculos se utilizó la proyección de residuos del último año. Mencionar que se añadió una cama más para el compost y los insumos, sumando en total 14 camas, esta servirá para que la mini cargadora de vuelta de forma consecutiva las camas y así los residuos tengan buena aireación, en este sentido una cama siempre quedará vacía. Además, mediante el método SLP se determinó la relación de las áreas, ver figura 1 A.

El recorrido de la planta inicia con la recepción de residuos orgánicos que llegan en motos cargueras y van a la zona de descarga, que tiene un área de 17,5 m<sup>2</sup>. Después, pasa al área de

pesado y selección (36,8 m<sup>2</sup>); ahí se segrega, lo inorgánico va a desechos (9,6 m<sup>2</sup>) y lo orgánico se lleva a triturar (13,6 m<sup>2</sup>) usando una carretilla. En las pilas pequeñas se elaborará el compost de semilla, que se agregará a las pilas grandes de compost, después del primer periodo de compostaje (revisar la descripción del proceso). Del triturado pasa a las pilas de compostaje donde permanecerá 62 días y luego pasa al área de tamizado (13,6 m<sup>2</sup>). Posteriormente, el producto pasa a ser envasado (6,6 m<sup>2</sup>) en sacos de polipropileno laminado y se pasa una costura para asegurar la calidad del compost. Finalmente, pasa a ser almacenado (19 m<sup>2</sup>), el área de ventas se encarga de entregar a los clientes.

Para evaluar el control de calidad del producto se tomó como referencia los estándares establecidos por el Instituto Nacional de Normalización de la República de Chile con la norma NCh2880.Of2004 ya que es la más completa y varias instituciones la usan como referencia. Además, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura también establece parámetros como: pH, humedad, menciona la relación C:N de algunos residuos orgánicos.

La organización de la empresa es de tipo formal. El jefe de planta es el máximo representante de la empresa y se encarga de planificar y controlar la producción, del proceso productivo y de cumplir con los criterios y metas de la organización. El área de producción tiene 2 operarios que se encargan de asegurar el cumplimiento de la producción. El área de almacén tiene 1 operario que controla la recepción, clasificación, almacenamiento y distribución de materia prima y producto terminado. El área de ventas tiene 1 operario que se encarga de vender el compost en planta, promocionar, ofrecer el producto por la página empresarial de Facebook.

La empresa es la encargada de cumplir con las expectativas del consumidor, ofreciendo un abono de calidad que puede ser aplicado directamente al suelo y para lograrlo se promueve un buen trato entre vendedor y consumidor, cumplir con las fechas pactadas, ofrecer un buen clima laboral y escuchar las sugerencias de los operarios. Además, la empresa a fin de generar crecimiento personal y profesional debe ofrecer cursos y/o talleres.

La política de ventas indica que el pago del producto es al contado. La política de precio se estableció en función a la competencia y por volúmenes mayores a 20 sacos se aplica un descuento del 10%. La política de calidad se rigió por la norma chilena NCh2880.

#### Evaluación económica y financiera

Según el plan de ventas en el primer año se producirán 51 280 sacos de compost con un importe anual de S/3 228 588 y S/ 30 200 en gastos preoperativos para elaboración de escritura pública, comprar y legalizar libros contables, licencia municipal, planos, entre otros. S/1 865

711 en gastos operativos como compra de terreno, trabajo en construcción, en infraestructura, compra de maquinaria, equipos de oficina.

Para los imprevistos se consideró 5% en función a la inflación para el 2022, un capital de trabajo de S/350 658. El promotor del proyecto financia el 30% y el 70% la entidad financiera con una tasa de interés de 14% para el monto de S/1 651 228,22 en un tiempo de 5 años. El costo de producción por cada saco fue de S/ 36,7.

El salario a los operarios de producción y almacén fue de S/1 400, al vendedor S/1 500, al vigilante S/1 200 y al personal de limpieza S/930, al jefe de planta S/3 000. Los gastos administrativos como luz, agua, teléfono se calcularon anualmente con un valor de S/167 773,40 sin incluir los gastos de mano de obra indirecta. Los gastos de comercialización por año se calcularon en función a propagandas, combustible, mantenimiento dando un valor anual de S/150 944,87. Los costos de producción fue de S/350 658 para el primer año considerando los costos directos e indirectos de producción.

**Tabla 6. Flujo de caja anual**

<b>Ítems</b>	<b>Año 0 (S/)</b>	<b>Año 1 (S/)</b>	<b>Año 2 (S/)</b>	<b>Año 3 (S/)</b>	<b>Año 4 (S/)</b>	<b>Año 5 (S/)</b>
<b><u>Inversión</u></b>						
Capital Social	707 669,235					
Préstamos a CP y LP	1 651					
<b>Total inversión</b>	<b>2 358 897,45</b>					
<b><u>Ingresos</u></b>						
Ventas		3 228 588	3 409 556	3 593 284	3 781 068	3 970 329
<b>Total ingresos</b>		<b>3 228 588</b>	<b>3 409 556</b>	<b>3 593 284</b>	<b>3 781 068</b>	<b>3 970 329</b>
<b><u>Egresos</u></b>						
Costos de producción		350 658	249 722,03	255 672,03	261 672,03	267 622,03
Gastos administrativos		167 773,40	167 773,40	167 773,40	167 773,40	167 773,40
Gastos de comercialización		150 944,87	150 944,87	150 944,87	150 944,87	150 944,87
Intereses del préstamo		231 171,95	231 171,95	184 196,70	130 644,92	69 595,89
Amortización de préstamo		0	335 537,47	382 512,71	436 064,49	497 113,52
Depreciación		95 922,95	95 922,95	95 922,95	95 922,95	95 922,95
<b>Total de egresos</b>		<b>900548,223</b>	<b>1 135 149,73</b>	<b>1 141 099,73</b>	<b>1147099,731</b>	<b>1 153 049,73</b>
<b>Saldo bruto (antes de impuestos)</b>		<b>2 328 039,77</b>	<b>2 178 483,31</b>	<b>2 356 261,317</b>	<b>2 538 045,31</b>	<b>2 721 356,31</b>
Impuesto a la renta (30%)		698 411,93	653 544,99	706 878,39	761413,5951	816 406,89
<b>Saldo (después de impuestos)</b>		<b>1 629 627,84</b>	<b>1 524 938,32</b>	<b>164 9382,92</b>	<b>1 776 631,72</b>	<b>949,422</b>
Depreciación		95 922,95	95 922,95	95 922,95	95 922,95	95 922,95

Ítems	Año 0 (S/)	Año 1 (S/)	Año 2 (S/)	Año 3 (S/)	Año 4 (S/)	Año 5 (S/)
<b>Saldo final</b>						
(déficit/ superávit)	-2 358			1 745		
	897,45	1 725 550,79	1 620 861,27	305,874	1 872 554,67	2 000 872,37
<b>Utilidad</b>	-2 358			2 732		
<b>acumulada</b>	897,45	-633 346,65	987 514,62	820,495	4 605 375,17	6 606 247,54

**Fuente: Elaboración propia.**

Según el flujo de caja anual, ver tabla 6, el valor actual neto (VAN) fue de S/ 3 301 620,11 con una tasa de interés de retorno (TIR) de 67 %. Se consideró en la inversión propia una ganancia de 14 % y 17 % en inversión financiera, obteniendo una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) de 17 %. Entonces, al ser el TIR mayor que el TMAR se comprueba que la propuesta es un proyecto viable. El beneficio/costo fue de S/ 1,53, es decir que por cada sol invertido se ganará 0,53 soles. La inversión de S/2 358 897,45 se recupera en 1 año, 7 meses y 12 días.

Para análisis ambiental de la propuesta se realizó un matriz de Leopold a fin de conocer la magnitud e importancia de la ejecución del proyecto. Esta muestra las etapas de operación y construcción generando un impacto negativo de 584, siendo la etapa de excavación de zapatas de -104 y en la etapa de compostaje del proceso de compostaje ocasiona un impacto de -240 debido a la presencia de lixiviados y malos olores al momento de realizar el volteo de las camas, los componentes ambientales afectados es el aire, suelo con valores de -240 y -168, respectivamente, ver tabla 14 A. La calificación fue en base a la tabla 2.

Según [37] la etapa de excavación de zapatas no tiene incidencia significativa en el suelo ya que se da en el mismo terreno; sin embargo, su disposición si genera problemas al ambiente, considerando una intensidad moderada ya que el efecto puede ser reversible. Además, menciona que calidad del aire se ve perjudicado por el material particulado al momento de excavar, pero de forma parcial. En cuanto al medio biológico la flora puede verse afectada temporalmente de forma puntual ya que se genera movimiento de la tierra.

#### *Discusión*

El diagnóstico de la situación actual evidencia a Bagua Grande como un distrito contaminado ya que los residuos no terminan en el botadero, sino en diferentes puntos de la ciudad, denominados puntos críticos, afectando al factor aire, suelo y al ser humano y según la matriz de Leopold el impacto total es de -1 012 esto debido al crecimiento poblacional, dado que la cantidad de residuos orgánicos generado es proporcional al número de habitantes; y se espera un crecimiento para el próximo año de 36 770, 57 kg/d. Igualmente, Abushammalaa *et al.* [16], indican que Malasia genera más de 27 000 toneladas métricas de residuos por día, donde menos del 5 % se recicla y espera un crecimiento de 2,4 % ya que solo la Universiti Kebangsaan

Malaysia (UKM) genera 4,5 toneladas residuos todos los días y 2,36 toneladas de desechos su área de jardín. Esto ocurre por la falta de conciencia ambiental en la población ya que tienen el mal hábito de arrojar su basura en las calles, justificando que no pasa el recolector de basura. Jiménez *et al.* [17], mencionan que Costa Rica pierde cada año 1 320 millones en toneladas de desperdicio de alimentos, generando altos costos para gobiernos, organizaciones y consumidores y a pesar de contar con la Ley de Manejo de Residuos Sólidos (GIRS) siguen usando vertederos y rellenos. Además, indica que los residuos orgánicos al ser más densos es más costoso eliminarlos y tiene las mayores emisiones de GEI estando en el vertedero.

El estudio de mercado del compost evidencia que existe una demanda insatisfecha, la propuesta pretende cubrir el 0,007 % del mercado. El precio por 50 kg de compost en el año 1 es S/ 62,96. Varía con el precio de Mendoza [19] ya que menciona que el saco de 25 kg es de \$5,63, convirtiendo a soles sería aproximadamente 22,15 y 44,3 por 50 kg al tipo de cambio \$ 3,93.

El estudio técnico e ingenieril indica que para producir 50 kg se necesita de 193 kg de residuos orgánicos y 51 kg de semilla de Takakura, el rendimiento del proceso fue de 20,5 % y el compost debe encontrarse dentro de los parámetros establecidos por la norma chilena NCh2880, un valor importante es la relación C/N y debe ser menor o igual a 25/1 con una temperatura entre 40 y 60°C, que coinciden con M. Abushammalaa *et al.* [16] ya que la temperatura del compost fue de 60 °C y las relaciones C/N 20/1, pues resulta necesario contar con una temperatura alta para eliminar patógenos, la FAO precisa que un compost de calidad es aquel libre de metales y/o microorganismos, con macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. Chaves *et al.* [18] mencionan que para obtener 47,5 kg de compost se requiere de 120 kg de residuos orgánicos y 40 kg de sustrato de Takakura con una eficiencia de 70,32 %. Otra investigación de Iliquín [7] indica que utilizó 2 350, 8 m<sup>3</sup> de residuos orgánicos más estiércol y 2 539,60 m<sup>3</sup> de sustrato obteniendo un rendimiento de 19,11 %.

El estudio financiero de la propuesta indica que el costo de producción de un saco de compost de 50 kg es de S/ 36,7 con un periodo de recuperación de 1 año, 7 meses, 12 días. Sin embargo, Chaves *et al.* [18] indicó que el costo operativo por kilogramo de residuo con el método Takakura fue de \$0,76 al igual que el del MM. Mendoza [19] indica que el costo de producir 25 kg de compost es S/ 18,43; entonces para 50 kg sería S/ 36,8, similar a la propuesta. Mensualmente espera producir 3 000 sacos de 25 kg compost con una ganancia de S/ 29 718,16, en cambio en la propuesta se espera producir 4 273 sacos de 50 kg generando S/ 269 049,07, aplicando una relación los montos difieren. Para el año 5 su presupuesto de ventas es de S/ 1 982 242,089 y del proyecto S/ 3 970 329,6, esto es debido al precio ya que en dicha

investigación es de S/ 44,25 aproximadamente y del proyecto es de 65,28; mencionar que en ambos casos se consideró 50 kg por saco.

### **Conclusiones**

El diseño de la planta de compostaje indica que se puede aprovechar las 43 toneladas diarias de residuos orgánicos generados en Bagua Grande para obtener 3 041 toneladas de compost en el año 5 con el método Takakura.

La situación actual de los residuos orgánicos del distrito Bagua Grande evidencia un impacto negativo al medio ambiente ya que al día se generan 34 282,88 kg, los cuales no terminan en el botadero municipal formando así 7 puntos críticos dentro y fuera del casco urbano, y por el contrario los que son dispuestos al botadero afectan al componente aire, suelo y social.

En el estudio de mercado se determinó la oferta y demanda de compost a nivel nacional, dando resultado una demanda insatisfecha debido al consumo masivo a nivel local e internacional de productos orgánicos ya que la población es consciente que estos son más saludables y contribuyen a un ambiente sostenible. La propuesta cubre el 0,007 % del año 1 al 5, esto en base a la disponibilidad del residuo orgánico y se espera producir en el primer año 51 280 sacos de compost a un precio de S/ 62,96.

El estudio de ingeniería indica que la planta es ubicada en el Jr. Pachacútec con un área de 1 050 m<sup>2</sup>, el proceso de producción de compost con el método Takakura requiere de 2 meses ya que utiliza microorganismo que aceleran el proceso de descomposición y se obtiene un rendimiento de 20,5 % usando un sistema abierto por volteo. Además, para producir 50 kg de compost se requiere 193 kg de residuos orgánicos y 50 kg de sustrato, necesitando un total de 12 pilas.

El estudio económico financiero ambiental de la propuesta indica un periodo de recuperación de 1 año, 7 meses y 12 días, un VAN de S/ 3 301 620,11 con un TIR de 67 % y un TMAR de 17 %, indicando que el proyecto es viable y rentable; además, por cada sol invertido se gana 0,53 soles.

### **Recomendaciones**

Se recomienda diseñar un sistema de gestión de manejo de los residuos sólidos para minimizar los impactos ambientales en el distrito de Bagua Grande.

Se recomienda valorizar otros tipos de residuos agroindustriales para el uso en la semilla de Takakura.

Se recomienda elaborar un plan de educación ambiental para continuar con la segregación de los residuos orgánicos in situ en el distrito de Bagua Grande, de tal forma que este siempre se encuentre vigente y se adapte a las necesidades actuales.

Se recomienda elaborar un plan de estrategias entre la población y la municipalidad distrital de Bagua Grande para asegurar la materia prima y cumplir con el desarrollo del proyecto.

## Referencias

- [1] World Bank Report, «What a Waste 2.0,» The World Bank Group, Washington, 2018.
- [2] E. R. Group, «Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte,» Comisión para la Cooperación Ambiental, Canadá, 2017.
- [3] SINIA, «Indicadores Ambientales del SINIA,» [En línea]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/listado>. [Último acceso: 28 Abril 2021].
- [4] SINIA, «Amazonas: estadísticas ambientales, Diciembre 2020,» Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/amazonas-estadisticas-ambientales-diciembre-2020>. [Último acceso: 28 Abril 2021].
- [5] Municipalidad Provincial de Utcubamba, «Estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales del distrito de Bagua Grande,» Gerencia de desarrollo ambiental, Bagua Grande, 2019.
- [6] Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, «Valorización de residuos sólidos orgánicos municipales,» MINAN, Lima, 2020.
- [7] R. E. Iliquín Fernández, «Elaboración de compost utilizando residuos orgánicos aplicando los métodos takakura y em-compost,» *Agroindustrial Science*, vol. 4, n° 2, pp. 109-119, 2014.
- [8] P. Lluzar Martí, «Fertilizantes en Perú,» ICEX, Lima, 2019.
- [9] G. Gargurevich Pazos, «Redagrícola,» Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.redagricola.com/pe/la-produccion-organica-busca-consolidarse/>. [Último acceso: 28 Abril 2021].
- [10] J. C. Orihuela Paredes, «Un análisis de la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos en el Perú y sus determinantes,» INEI, Lima, 2018.

- [11] Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, «Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura,» Bogotá, 2014.
- [12] D. López Hernández, Manual de Manual de Compostaje, Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011.
- [13] P. Román, M. Martínez y A. Pantoja, «Manual de compostaje del agricultor,» Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago, 2013.
- [14] A. Rodríguez Vásquez, J. Monestel Miranda y G. Víquez Zúñiga, «Implementación de un Proyecto de Gestión Ambiental para el aprovechamiento y reducción de los residuos orgánicos generados por tres empresas del GAM,» Universidad Técnica Nacional, 2018.
- [15] M. Arroyo Ulloa y J. Torres Benavides, «Organización de plantas industriales,» Escuela de ingeniería industrial, Chiclayo, 2010.
- [16] M. Abushammala, N. E. Ahmad Basri, S. Md Zain, N. F. Mat Saad y N. Afida Zainudin, «Green Biological Transformation of Food and Yard Waste,» *Jurnal Teknologi*, vol. 73, n° 1, p. 21–26, 2015.
- [17] J. Jiménez Antillón, C. Calleja Amador y L. Romero Esquivel, «Food Waste Recovery with Takakura Portable Compost Boxes in Offices and Working Places,» *resources*, vol. 7, n° 84, pp. 1-13, 2018.
- [18] R. Chaves Arias, R. Campos Rodríguez, L. Brenes Peralta y M. F. Jiménez Morales, «Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica,» *Tecnología en Marcha*, vol. 32, n° 1, pp. 39-53, 2019.
- [19] J. G. Mendoza Muñoz, «Diseño de un proceso para la obtención de un abono orgánico para cacao a partir de los residuos sólidos generados en la empresa gamafi ubicada en el cantón la concordia parroquia las Villegas,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.
- [20] E. D. Dávila Caruajulca, «Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos para generar compost en el distrito de Rioja,» Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Chiclayo, 2019.
- [21] C. K. Cachay Gonzales, «Proyecto de instalación de una planta industrial productora de compost en el distrito de Monsefú para el aprovechamiento de residuos orgánicos domiciliarios,» Tesis, Chiclayo, 2018.

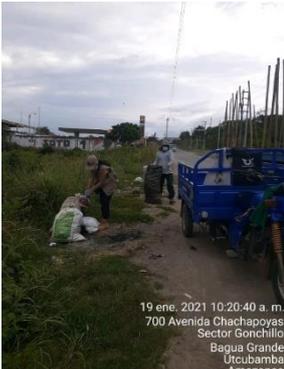
- [22] Gerencia de Desarrollo Ambiental, «Plan integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos,» Municipalidad Provincial de Utcubamba, Bagua Grande, 2014.
- [23] SIGERSOL, «Módulo de Consulta de Datos del Sigersol Municipal,» 2018. [En línea]. Available: <https://sigersolreporte.minam.gob.pe/sigersolreporte/>. [Último acceso: 4 Septiembre 2021].
- [24] S. C. Pinto Arroyo, «Valorización de impactos ambientales,» INERCO, Sevilla, 2007.
- [25] AGRORURAL, «Guano de las Islas,» MINAM, Lima.
- [26] MINCETUR, «Plan Regional Exportador Amazonas,» Josué Figueroa Escobar, Lima, 2019.
- [27] PROEXPANSIÓN, «Regiones productivas: Amazonas,» [En línea]. Available: <https://proexpansion.com/en/articles/841-regiones-productivas-amazonas>. [Último acceso: 14 Junio 2021].
- [28] ICEX, «Fertilizantes en Perú,» Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Lima, Lima, 2019.
- [29] Fondoempleo, «Tecnología 4. Guía para la producción sostenible de la caficultura en la selva alta peruana,» Soluciones Prácticas, San Martín, 2013.
- [30] Sub-dirección de comercio exterior, «Base comercial de la información regional,» Dircetur, Amazonas, 2015.
- [31] Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú, «Amazonas: Senasa realizó inspecciones para garantizar normas de producción orgánica,» 23 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/298844-amazonas-senasa-realizo-inspecciones-para-garantizar-normas-de-produccion-organica>. [Último acceso: 15 Junio 2021].
- [32] Comisión agraria, «Comisión agraria periodo anual 2020-2021 tercera legislatura ordinaria,» Lima, 2021.
- [33] Dirección general de políticas agrarias, «Marco orientador de cultivos de cultivos,» Ministerio de agricultura y riego, Lima, 2020.
- [34] «TRADE MAP,» [En línea]. Available: [https://www.trademap.org/Product\\_SelCountry\\_TS.aspx?nvpm=3%7c604%7c%7c%7c%7c310100%7c%7c%7c8%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1](https://www.trademap.org/Product_SelCountry_TS.aspx?nvpm=3%7c604%7c%7c%7c%7c310100%7c%7c%7c8%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1). [Último acceso: 12 Junio 2020].

- [35] Dirección General Agrícola, «Plan nacional de cultivos 2019,» MINAGRI, Lima, 2019.
- [36] Instituto Nacional de Normalización, «Norma Chilena Oficial,» Servicio Agrícola Ganadero, Chile, 2004.
- [37] A. Enshassi, B. Kochendoerfer y E. Riz, «An evaluation of environmental impacts of construction projects,» *Ingeniería de Construcción*, vol. 29, n° 3, pp. 234-254 , 2014.

## Anexos

### Anexo 1: Situación actual

**Tabla 1 A. Puntos críticos identificados dentro y fuera del casco urbano- Bagua Grande**

Ubicación	Referencia	Puntos críticos	Descripción
Intersección de las calles San Felipe Santiago y Simón Bolívar	Quebrada Cachimay a espalda de la Parada Municipal		Al término de la jornada laboral los trabajadores de la Parada Municipal arrojan sus residuos, que en su mayoría es orgánico, causando olores desagradables por la descomposición de estos. La población aledaña copia también esta mala práctica. Por esta razón, muchas de ellas han presentado denuncias a la municipalidad ya que la basura está prácticamente en la puerta de su casa.
Carretera Fernando Belaunde Terry-sector San Luis (salida a Chachapoyas)	Salida a la ciudad de Chachapoyas a la margen derecha de la carretera		Las personas desde su movilidad arrojan residuos de tipo orgánico e inorgánico.
Carretera Fernando Belaunde Terry-Sector Gonchillo (salida a Chiclayo)	Al costado del grifo Shilcayo	 <small>19 ene. 2021 10:20:40 a. m. 700 Avenida Chachapoyas Sector Gonchillo Bagua Grande Utcubamba Amazonas</small>	La municipalidad recoge todos los días los residuos de esta zona; sin embargo, las personas siguen depositando sus desperdicios. Durante la mañana se observa sacos, bolsas de basura.

Ubicación	Referencia	Puntos críticos	Descripción
Carretera Fernando Belaunde Terry-sector San Luis (salida a la ciudad de Chachapoyas)	Salida a la ciudad de Chachapoyas a la margen izquierda de la carretera		Este punto crítico está al lado de la pista, y las personas que van de viaje a lugares cercanos arrojan sus residuos desde su movilidad.
Carretera al caserío Goncha	Salida del sector la Primavera		Las personas desde su movilidad arrojan residuos de tipo orgánico e inorgánico.
Jr. Atahualpa cuadra 23, sector Buenos Aires	Al costado del cuartel militar		Las personas desde su movilidad arrojan residuos de tipo orgánico e inorgánico.
Jr. Ejército, sector las Brisas	A espaldas del cuartel militar de la ciudad de Bagua Grande		Las personas desde su movilidad arrojan residuos de tipo orgánico e inorgánico.

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 2 A. Generación de residuos en el distrito de Bagua Grande**

Año	Población	GPC de residuos sólidos municipales(kg/hab/día)	Composición	Generación	Compost (t/año)
			porcentual de materia orgánica (%)	total de materia orgánica (kg/día)	
2017	53 745	0,86	61,64	2 8490,43948	1 987
2018	53 922	0,86	61,20	2 8380,22704	1 979
2019	56 183	0,774	76,30	3 3179,54485	2 314
2020	57 076	0,98	60,58	3 3885,10798	2 363
2021	57 746	0,98	60,58	3 4282,87626	2 391

Fuente: Elaboración propia. En base a SIGERSOL [23].

## Anexo 2: Estudio de mercado

**Tabla 3 A. Demanda nacional histórica de compost**

Año	Área certificada (ha)	Requerimiento de compost/ha (t)	Compost (t)
2017	571,880		343 128,00
2018	540,363		324 217,80
2019	617,386	0,6	370 431,82
2020	651,380		390 828,08
2021	685,374		411 224,34

Fuente: Elaboración propia. En base a [32].

**Tabla 4 A. Oferta nacional histórica de compost**

Año	Importaciones (t)	Producción de guano de isla		Oferta nacional (t)
		(t)	(t)	
2017	2 713	20 276		22 989
2018	3 061	28 395		31 456
2019	3 385	22 953		26 338
2020	4 692	25 542		30 234
2021	5 853	28 788		34 641

Fuente: [33] [34].

## Anexo 3: Estudio de ingeniería

**Tabla 5 A. Comparación de métodos de compostaje**

Factores	Método Takakura	Método testigo	Método EM-compost
Tiempo de maduración	Menos de 2 meses	Más de 7 meses	Más de 2 meses
Rendimiento	19,11 %	13,39%	19,9%
%Materia orgánica	21,32	19,02	23,93
%C	11,84	10,57	13,29
%N	1,07	1,02	1,31
%P	0,62	0,44	0,54
Color	Café oscuro	Color más oscuro, casi negro	
Olor		A tierra húmeda	

Fuente: [7].

**Tabla 6 A. Plan de producción del compost en sacos de 50 kg**

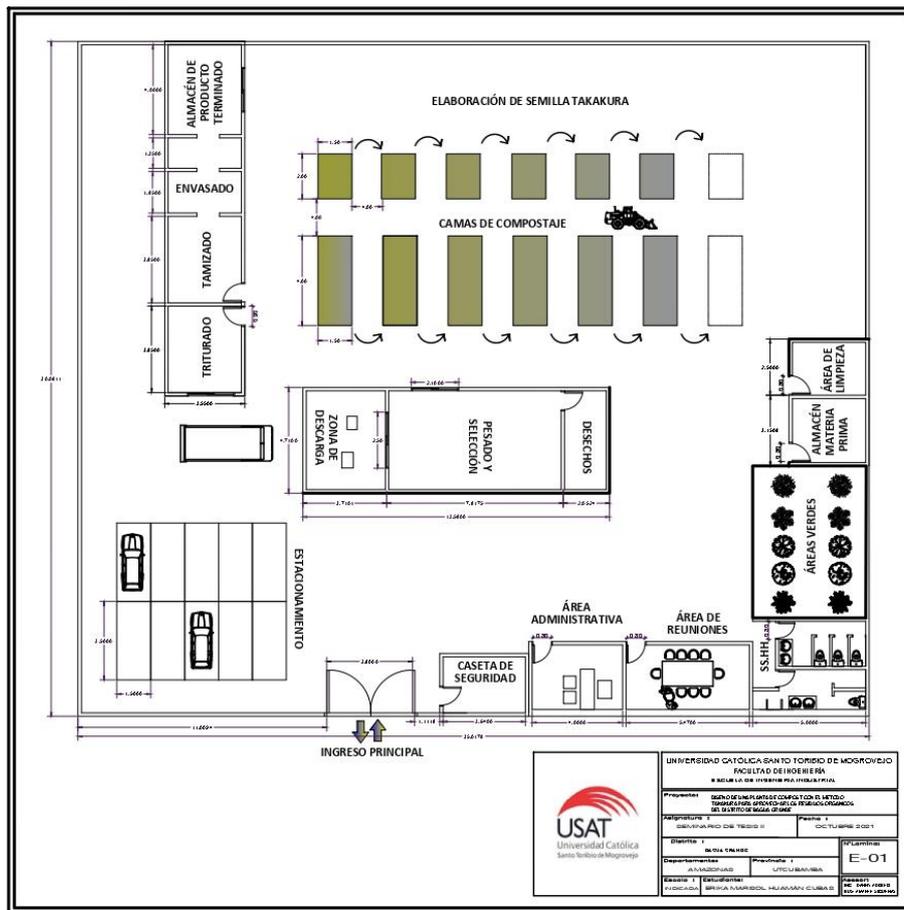
Periodo	Inventario		Producción	Inventario		
	inicial			total	Ventas	Inventario final
1 mes	0		4 273	4 273	4 273	0
2 mes	0		4 273	4 273	4 273	0
3 mes	0		4 273	4 273	4 273	0
<b>Primer trimestre</b>	0		12 820		12 820	
2do trimestre	0		12 820	12 820	12 820	0
3er trimestre	0		12 820	12 820	12 820	0
4to trimestre	0		12 820	12 820	12 820	0
<b>1 año</b>	0		51 280		51 280	
2 año	0		53 660	53 660	53 660	0
3 año	0		56 040	56 040	56 040	0
4 año	0		58 440	58 440	58 440	0
5 año	0		60 820	60 820	60 820	0

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7 A. Participación de los residuos orgánicos en base a la relación C/N**

Residuos	Relación C/N	Porcentaje de participación	Relación C/N de la mezcla
<b>Residuos orgánicos</b>			
Restos de poda	15	0,011	0,165
Guano de cuy/conejo	8,6	0,25	2,15
Estiércol de ganado vacuno	18	0,05	0,9
Panca de maíz	117	0,11	12,87
Cáscara de papa	25	0,05	1,25
Cáscara de plátano	32	0,08	2,56
Cáscara de frutas	34,8	0,023	0,8004
<b>Semilla Takakura</b>			
Cascarilla de arroz	66	0,02	1,32
Maíz molido	42,9	0,05	2,145
Tierra vegetal	11,8	0,05	0,59
<b>TOTAL</b>			24,7504

Fuente: Elaboración propia. En base a [13].



**Figura 1 A. Distribución de la planta de compostaje**  
 Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8 A. Características de la balanza electrónica de piso**

<b>Marca</b>	HENKEL	
<b>Modelo</b>	BCH500CGX	
<b>Material</b>	Plataforma de acero inoxidable	
<b>Capacidad</b>	500 kg	
<b>Potencia</b>	9,2 kW	
<b>Voltaje</b>	AC 220V	
<b>Dimensiones</b>	Largo (m)	0,6
	Ancho (m)	0,45
	Altura (m)	0,65
<b>Cantidad</b>	2 unidades	



**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 9 A. Características de la trituradora industrial**

<b>Marca</b>	NEVAGIM DEL PERU	
	EIRL	
<b>Modelo</b>	MNP – 45 – 45 IX	
<b>Material</b>	Acero de alta resistencia	
<b>Capacidad</b>	3000-4000 Kg/h	
<b>Potencia</b>	14 HP	
<b>Voltaje</b>	220 V	
<b>Dimensiones</b>	Largo (m)	1,56
	Ancho (m)	0,45
	Altura (m)	1,34



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10 A. Características del tamiz vibratorio**

<b>Marca</b>	XIECHENG	
<b>Modelo</b>	XC-Z1300S	
<b>Material</b>	Acero inoxidable	
<b>Capacidad</b>	3500 - 5000 kg	
<b>Potencia</b>	5,5 kW	
<b>Voltaje</b>	380V	
<b>Dimensiones</b>	Largo (m)	1,35
	Ancho (m)	0,7
	Altura (m)	1,25



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11 A. Características de la máquina para coser sacos**

<b>Marca</b>	HENKEL	
<b>Modelo</b>	GK261A	
<b>Material</b>	Acero y metal	
<b>Capacidad</b>	1700 rpm	
<b>Potencia</b>	90 W	
<b>Voltaje</b>	220 voltios	
<b>Dimensiones</b>	Largo (m)	0,305
	Ancho (m)	0,275
	Altura (m)	0,370



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 12 A. Características de la mini cargadora**

<b>Marca</b>	CASE		
<b>Modelo</b>	SR 220		
<b>Capacidad</b>	1 000 kg		
<b>Potencia</b>	40 HP		
<b>Dimensiones</b>	Largo (m)	2	
	Ancho (m)	1,5	
	Altura (m)	2,3	

**Fuente: Elaboración propia.**

**Tabla 13 A. Características de la carretilla de plataforma**

<b>Marca</b>	JB		
<b>Modelo</b>	JB-T-02		
<b>Material</b>	Plástico		
<b>Capacidad</b>	150kg		
<b>Dimensiones</b>	Largo (m)	0,7	
	Ancho (m)	0,5	
	Altura (m)	0,7	

**Fuente: Elaboración propia.**

Tabla 14 A. Impacto ambiental de la propuesta

Tipo de impacto		Etapas de construcción								Etapas de producción						Impacto por subcomponente	Impacto por componente	Impacto total			
		Limpieza del terreno		Remoción del suelo		Excavación de zapatas		Encofrado		Selección		Triturado		Compostaje					Tamizado		
Medios	Componente ambiental	Factores ambientales	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
			Físico	Aire	Contaminación del aire	-4	2	-2	2	-4	8	-4	2	-8	4	-4	2	-8			
Olores desagradables									-2	2	-6	4	-6	4	-8	6	-100		-240		
Agua	Calidad del agua														-6	6	-36				
	Contaminación del agua														-6	6	-36		-72		
Social	Suelo	Contaminación del suelo	-4	4	-6	2	-6	4	-6	4	-6	4	-4	2	-8	6	-6	2	-168		-168
		Salud	-2	2			-8	6	-6	2	-6	4	-6	6	-8	6	-6	4	-196		-584
	Social	Empleo	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	192		-36
		Territorio y recursos naturales	-6	2	-6	2	-2	4											-32		
Biológico	Ecosistema	Ecosistema terrestre	-6	2	-6	2	-2	4											-32		-32
		Flora y vegetación	-6	2			-2	4			-4	4							-36		-36
<b>Promedios positivos</b>			1		1		1		1		1		2		1		1				
<b>Promedios negativos</b>			6		4		4		4		5		4		6		2				
<b>Promedios aritméticos</b>			-40		-16		-104		-24		-96		-52		-240		-12		-458		

Fuente: Elaboración propia.